

# Courseware in onderzoekend natuurkunde-onderwijs: een implementatie perspectief

J.M. Voogt

## Samenvatting

De integratie van de computer in het onderwijs is een complexe innovatie. In dit onderzoek is courseware voor computer ondersteund natuurkunde-practicum ontwikkeld en geëvalueerd. Kenmerkend voor de ontwikkelde courseware is dat de computer wordt ingezet als hulpmiddel om onderzoekend natuurkunde-onderwijs te realiseren. Ter ondersteuning van de implementatie van de courseware werd de docentenhandleiding voorzien van handelingsaanwijzingen voor docenten. Via een case-study onderzoek (5 docenten/6 klassen) is nagegaan of de implementatie van de courseware succesvol is verlopen.

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat gestructureerd leerlingmateriaal de implementatie van de vernieuwing op een globaal niveau bevordert. Echter, alleen die docenten die ook gebruik maakten van de docentenhandleiding (twee van de vijf docenten) hanteren een didactisch aanpak die noodzakelijk wordt geacht voor onderzoekend natuurkunde-onderwijs. Voor anderen was de overgang van gangbare routines naar onderzoekend leren te groot.

## Inleiding

De inzet van de computer als hulpmiddel bij de uitvoering van metingen en het be- en verwerken van meetgegevens wordt wel Computer Ondersteund Practicum genoemd. Het is een zeer geëigende toepassing van de computer in het natuurkunde-onderwijs, zeker als practicum een belangrijk onderdeel vormt van het natuurkunde curriculum.

Uit onderzoek naar de effecten van het gebruik van Computer Ondersteund Practicum is gebleken dat leerlingen beter grafieken leren interpreteren, dat de samenwerking tussen leerlingen wordt bevordert en dat leerlingen geconcentreerd werken en zeer gemotiveerd zijn

(Thornton & Sokoloff, 1990; Nakhleh, 1994). De studies tonen evenwel ook aan dat het niet vanzelfsprekend is dat leerlingen door middel van Computer Ondersteund Practicum onderzoeksvaardigheden (Striley, 1987) en natuurwetenschappelijke begrippen leren (Linn & Songer, 1991). Uit een literatuuroverzicht van Nakhleh (1994) blijkt dat Computer Ondersteund Practicum pas effect heeft op het leren van onderzoeksvaardigheden en het leren van natuurwetenschappelijke begrippen als het is ingebed in een zorgvuldig ontworpen curriculum.

In het natuurwetenschappelijk onderwijs wordt onderzoekend leren vaak in verband gebracht met 'de natuurwetenschappelijke methode'. Leerlingen dienen niet alleen te worden onderwezen in het natuurwetenschappelijk kennisdomein, maar ook in de onderzoeksbenadering die in de natuurwetenschappen wordt gehanteerd. Sinds de jaren zestig hebben de curricula voor het onderwijs in de natuurwetenschappen uit met name de Engel-Saksische landen 'de natuurwetenschappelijke methode' als belangrijk organisatieprincipe (Voogt, 1996). Het project Science - A process approach (Gagné, 1966) is van grote invloed geweest op curricula die expliciet aandacht schenken aan het leren van onderzoeksvaardigheden. In dit project wordt een onderscheid gemaakt tussen basisvaardigheden (zoals observeren, meten en voorstellen) en geïntegreerde vaardigheden (zoals hypothesen formuleren en modellen ontwikkelen en toetsen).

In de loop der jaren is uiteraard ook kritiek geformuleerd op de eenzijdige belangstelling voor de natuurwetenschappelijke methode als kern van het natuurwetenschappelijk curriculum. De bezwaren richten zich met name op de suggestie dat natuurwetenschappelijk onderwijs ingericht op deze wijze in principe contextonafhankelijk zou zijn (Driver et al., 1994). Driver et al. pleiten voor een constructivistische

benadering van het natuurwetenschappelijk onderwijs, waarbij leerlingen actief participeren in de constructie van een raamwerk dat betekenis geeft aan de natuurwetenschappelijke wijze waarop de werkelijkheid wordt geïnterpreteerd. Het opzetten en uitvoeren van eigen experimenten is dan expliciet bedoeld om bij te dragen aan de ontwikkeling van een, voor leerlingen, betekenisvol theoretisch raamwerk en het op basis daarvan afleiden van natuurkundige regels (Millar, 1987; Linn, 1987). De ontwikkelingen in Nederland staan meer in dit laatste perspectief. De toenemende aandacht voor het belang van onderzoekend leren in het natuurwetenschappelijk onderwijs wordt uitdrukkelijk ingebed in voor de leerlingen herkenbare samenhangende contexten, zoals blijkt uit de kerndoelen Natuur- en scheikunde voor de basisvorming (Besluit kerndoelen en advies-urentabel basisvorming 1993-1998).

Samenvattend kan worden gesteld dat onderzoekend leren in het natuurwetenschappelijk onderwijs zich kenmerkt door uitdrukkelijk te streven naar een samenhang tussen onderzoeksvaardigheden (tot uiting komend in aandacht voor onderzoeksoptzet en -uitvoering) en de ontwikkeling van een betekenisvol theoretisch raamwerk (tot uiting komend in de opbouw van een begrippenkader en de afleiding van natuurkundige regels).

In een dergelijke curriculumopvatting heeft de docent de taak leerlingen te ondersteunen in hun eigen leerproces door geschikte aanwijzingen te geven gericht op de zone van naaste ontwikkeling (Linn & Burbulus, 1993). Onderzoeken (Shafto & Capper, 1987; Roberts, 1988) op het gebied van Computer Ondersteund Practicum laten zien dat juist deze rol van de docent een belangrijk obstakel vormt voor de implementatie van het curriculum. De docent wordt in zijn nieuwe rol niet zozeer aangesproken op zijn kennis, maar op zijn organisatorische, begeleidende en stimulerende capaciteiten. Teneinde docenten bij te staan in de uitvoering van hun nieuwe rol stelt Van den Akker (1988) voor om docent-ondersteunend curriculummateriaal te ontwikkelen met daarin concrete handelingsaanwijzingen ('procedurele specificaties'), vooral voor die onderdelen van de innovatie die kwetsbaar zijn bij de implementatie.

Het curriculum dat in het kader van het onder-

havige onderzoek is ontwikkeld beoogt leerlingen te leren experimenten op te zetten en uit te voeren en de resultaten van die experimenten in verband te brengen met een theoretisch raamwerk op basis waarvan elementaire natuurkundige regels worden afgeleid. Het curriculum is bedoeld voor het natuurkunde-onderwijs in de onderbouw. De courseware die in het kader van de lessenserie is ontwikkeld bevat zowel educatieve programmatuur als schriftelijk leerling- en docentmateriaal.

Omdat verwacht werd dat met name docenten weinig bekend zijn met onderzoekend natuurkunde-onderwijs is de docentenhandleiding voorzien van procedurele specificaties: aanwijzingen en suggesties gericht op de rol van begeleider, en technische en organisatorische aanwijzingen gericht op planning en uitvoering van de lessen. Het evaluatie-onderzoek richt zich met name op de wijze waarop de courseware door docenten in de praktijk is geïmplementeerd.

Om te beoordelen of de implementatie van courseware succesvol verloopt, is het van belang na te gaan wat de kwaliteit van het gebruik ervan is. In het onderzoek is gebruik gemaakt van de drie dimensies die Van der Grift (1987) onderscheidt voor de kwaliteit van een innovatie: theoretische, empirische en praktische kwaliteit. De *theoretische kwaliteit* heeft betrekking op de theoretische en vakdidactische principes waarop de innovatie is gebaseerd. De theoretische kwaliteit van de courseware is geoptimaliseerd door middel van expert-oordelen. In een pre-test posttest design is de *empirische kwaliteit* vastgesteld. Na afronding van de lessenserie met de courseware blijken de leerlingen een aanzienlijke leerwinst te hebben geboekt. Een uitgebreide beschrijving en rapportage omtrent de theoretische en empirische kwaliteit is te vinden in Voogt (1993). De *praktische kwaliteit* verwijst naar de haalbaarheid en de uitvoerbaarheid van de innovatie in de praktijk. Door middel van een case-study onderzoek is nagegaan in welke mate de vernieuwing geïmplementeerd is door docenten. In dit artikel wordt met name ingegaan op die praktische kwaliteit van de vernieuwing, en staat dus vooral het docent-perspectief centraal.

Ter beoordeling van de praktische kwaliteit van de courseware zijn de volgende onderzoeksvra-



### Introductie

1. Meten met de computer (les 1)
2. Temperatuur regelen (les 2)  
*Introductie van IP-Coach en van basisvaardigheden in het uitvoeren van experimenten, zoals lezen van grafieken*

### Inwendige energie en warmtetransport

3. Opwarmen van verschillende hoeveelheden (les 3)
4. Opwarmen van verschillende vloeistoffen (les 4)  
*Onderzoek gericht op de relatie tussen hoeveelheid en soort vloeistof, temperatuursverandering en verandering in inwendige energie; onderzoeksvraag formuleren (4), voorspellen van temperatuurverloop (3) en interpretatie van grafieken (3+4); meetfouten (4).*

Intermezzo: theorieles (les 5)

5. Afkoelen: blazen of ijs (les 6)  
*Onderzoek naar de effecten van verschillende manieren van afkoelen; extrapoleren; samenwerking tussen onderzoeksgroepjes.*
6. Smelten en stollen (les 7)  
*Onderzoek naar de relatie tussen temperatuursverandering en fase-overgang; zelfstandig noteren van meetresultaten*

Intermezzo: theorieles (les 8)

7. Belemmering van warmtetransport (les 9)  
*Vaststellen van de mate van warmte-isolatie van verschillende materialen in een klassikaal experiment; proefopstelling vaststellen*

### Samenvatting en overzicht

8. Kijken als een natuurkundige (les 10)  
*Een terugblik op de natuurkundige regels die in de lessen zijn afgeleid*

Figuur 1. Overzicht van de lessenserie

gen geformuleerd:

- welke kenmerken van de courseware bevorderen of belemmeren het gewenste planings- en begeleidingsgedrag van docenten?
- verandert het planings- en begeleidingsgedrag van docenten tijdens het gebruik van de courseware?
- waarom tonen docenten het gewenste planings- en begeleidingsgedrag al dan niet?
- welke neveneffecten belemmeren de implementatie van de courseware?

## 1 De ontwikkelde lessenserie

Er is courseware ontwikkeld voor het onderwerp 'opwarmen en afkoelen' bedoeld voor een lessenserie van 10 lessen. Figuur 1 geeft een overzicht van de lessenserie.

De courseware bestaat uit educatieve programmatuur<sup>1</sup> met daarbij begeleidend materiaal voor leerlingen en docenten.

Het onderwerp 'opwarmen en afkoelen' wordt aangeboden aan de hand van door de leerlingen uit te voeren experimenten. Er wordt gewerkt in vaste groepjes van vier leerlingen. Binnen de groepjes zijn de volgende taken te vervullen: experiment uitvoeren, computer bedienen, aantekeningen maken en coördineren. Deze taken wisselen per les. In het leerlingmateriaal staat aangegeven wanneer welke taken moeten worden uitgevoerd. Ook staat aangegeven wanneer de groep met elkaar moet overleggen. Kenmerkend voor de lessenserie is dat de leerlingen tijdens hun experiment het temperatuurverloop in de tijd kunnen volgen via het beeldscherm van hun computer. Met behulp van de resultaten van hun experimenten leiden de leerlingen een theoretisch begrippenkader en natuurkundige regels af. De leerlingen worden daarbij gestuurd door gerichte vragen in het leerlingmateriaal.

Het docentmateriaal bestaat uit een algemene inleiding over de opzet van de lessenserie en de voorbereiding van de lessen. Daarnaast krijgt

de docent, geïntegreerd in het leerlingmateriaal (op de linkerpagina), concrete organisatorische en didactische aanwijzingen.

## 2 Onderzoeksopzet

Omdat in dit onderzoek de beoordeling van de praktische kwaliteit van courseware centraal staat, is gekozen voor een onderzoeksopzet in de daadwerkelijke gebruikssituatie: de klas. Er is een exploratieve case-study uitgevoerd (Yin, 1989). Als cases worden de natuurkunde curricula in de onderbouw van de twee bij het onderzoek betrokken scholen beschouwd. Het onderzoek naar de praktische kwaliteit van de courseware impliceert dat de *docent in zijn klas* beschouwd wordt als de onderzoekseenheid in deze studie. In navolging van Yin (1989) zijn criteria geformuleerd om de onderzoeksresultaten van de case-study te kunnen beoordelen.

Criteria voor een positieve beoordeling van de praktische kwaliteit van de courseware zijn:

- de docenten zijn positief over de 'instrumentaliteit' van het materiaal, d.w.z. a) de programmatuur is makkelijk te bedienen, b) het leerlingmateriaal is duidelijk, c) de aanwijzingen en suggesties in de docentenhandleiding zijn bruikbaar en d) de docenten maken daadwerkelijk gebruik van de docentenhandleiding bij hun lesvoorbereiding en -uitvoering;
- de docenten voeren de voorgestelde lessen daadwerkelijk uit;
- de docenten tonen een plannings- en begeleidingsgedrag dat onderzoekend leren bevordert, d.w.z. ze bevorderen bij leerlingen vaardigheden die bijdragen aan onderzoeksopzet en -uitvoering, stimuleren het leggen van een relatie met een theoretisch kader en bevorderen het afleiden van natuurkundige regels.

### 2.1 Innovatie- en praktijkprofiel

Om een beoordeling te kunnen geven van de praktische kwaliteit van het materiaal is het niet voldoende om docenten daarover te bevragen. Immers de wijze waarop docenten de bedoelingen van de courseware interpreteren, kan verschillen met de wijze waarop docenten de courseware in de concrete lespraktijk realiseren. Omdat met name de realisatie in de praktijk in het onderzoek belangrijk werd gevonden heeft

het accent in de gegevensverzameling op de observaties van lessen gelegen.

De geobserveerde lessen zijn geanalyseerd met behulp van een zogenaamd innovatieprofiel (Van den Akker, 1988; Van den Akker & Voogt, 1994). Een innovatieprofiel geeft (1) een operationele beschrijving van die componenten in het curriculum die door de ontwerpers als essentieel worden beschouwd en (2) een beschrijving van de mate waarin verschillende realisaties van die componenten overeenkomen met de bedoelingen van de ontwerpers.

In navolging van de kenmerken van onderzoekend natuurkunde-onderwijs zijn de volgende componenten in het profiel onderscheiden: *onderzoeksopzet* (bijvoorbeeld leerlingen stimuleren een onderzoeksvraag te formuleren), *onderzoeksuitvoering* (bijvoorbeeld leerlingen stimuleren een voorspelling te doen), *ontwikkelen van een begrippenkader* (bijvoorbeeld leerlingen stimuleren om resultaten in verband te brengen met theoretische begrippen) en *afleiden van natuurkundige regels* (bijvoorbeeld leerlingen stimuleren verbanden te leggen tussen nieuwe regels en eerder afgeleide regels).

Daaraan is toegevoegd de component *algemene vaardigheden*. Deze component heeft betrekking op samenwerking en planning van leerlingen en is van belang voor practicum-onderwijs dat in groepjes leerlingen plaatsvindt.

Elke component bestaat uit een leselement (de drempel) dat beschouwd wordt als een minimale vereiste voor het zinvol doceren van de lessenserie. Daarnaast zijn leselementen geformuleerd, die de implementatie van de lessenserie versterken of verzwakken. Aan zowel het leselement dat als drempel wordt beschouwd, als aan de leselementen die de implementatie van de lessenserie versterken of verzwakken worden punten toegekend.

Door aan docenten punten toe te kennen voor de aanwezigheid van de verschillende leselementen uit het innovatieprofiel in hun lespraktijk ontstaat een maat voor de implementatie van de lessenserie: het praktijkprofiel. In het praktijkprofiel wordt door middel van een percentage het plannings- en begeleidingsgedrag van de docent uitgedrukt t.o.v. het ideaal gewenste plannings- en begeleidingsgedrag.

Via de drempelscore zijn maximaal slechts 30 (16,7%) van de in totaal 180 te behalen punten te verwerven. Door deze lage drempelscore

is het mogelijk verschillen tussen docenten in plannings- en begeleidingsgedrag vast te stellen.

Bovenop de drempelscore kunnen punten worden verkregen voor leselementen die bijdragen aan het verwachte plannings- en begeleidingsgedrag. Om recht te doen aan de samenhang tussen onderzoeksvaardigheden en de opbouw van een theoretisch raamwerk zijn in het profiel ongeveer evenveel punten toegekend aan de componenten onderzoeksopzet (22 punten, 12,2%) en -uitvoering (54 punten, 30,0%) als aan de componenten theoretisch raamwerk (35 punten, 19,4%) en natuurkundige regels (36 punten, 20,0%). Met de component algemene vaardigheden kunnen maximaal 33 punten (18,3%) worden verworven.

Voor leselementen die het plannings- en begeleidingsgedrag verzwakken scoren docenten negatief. De maximale negatieve score is gelijk aan de drempelscore (-30 punten, -16,7%).

Het innovatieprofiel is ontwikkeld door de onderzoeker en gevalideerd door vijf deskundigen, waaronder curriculumspecialisten en vakdidactici natuurkunde.

## 2.2 Betrokken scholen en docenten

Bij het onderzoek zijn twee scholen voor voortgezet onderwijs betrokken. Van elke school namen alle derde klassen HAVO, VWO of HAVO/VWO deel. Dit zijn zes klassen, waaraan door vijf verschillende docenten les wordt gegeven. Tabel 1 geeft een overzicht van de betrokken klassen en docenten.

School I kan als volgt worden getypeerd:

*School I* is een school voor MAVO, HAVO en VWO. De drie derde klassen die in het onderzoek participeren zijn HAVO/VWO klassen. Het natuurkunde-curriculum in de onderbouw van deze school bestaat uit een diepgaande

behandeling van een beperkt aantal onderwerpen. Meestal wordt een onderwerp geïntroduceerd in een practicumles, gevolgd door een theorieles, waarin enkele toepassingen aan de orde komen. Kuiper (1993) spreekt in dit verband van participatiegericht natuurkunde-onderwijs. In school I zijn de volgende docenten bij het onderzoek betrokken:

*Docent A* heeft 9 jaar ervaring en is bevoegd voor wiskunde en natuurkunde. Gewoonlijk geeft docent A voornamelijk wiskunde. Door een tekort aan natuurkunde docenten geeft docent A dit jaar meer natuurkundelessen dan wiskundelessen. Docent A heeft enige ervaring in het gebruik van computers in zijn onderwijs, met name bij wiskunde. Hij is niet overtuigd dat de computer het onderwijs efficiënter maakt.

*Docent B* heeft 15 jaar ervaring en is bevoegd voor biologie en natuurkunde. Biologie is zijn hoofdvak, slechts af en toe geeft hij enkele lessen natuurkunde. Het schooljaar, voorafgaand aan het onderzoek, heeft hij zelfs helemaal geen natuurkunde gegeven. Dit jaar geeft docent B ongeveer evenveel lessen biologie als natuurkunde. Docent B gebruikt in zijn biologielessen regelmatig een computersimulatieprogramma.

*Docent C* heeft 13 jaar ervaring en is bevoegd voor natuurkunde en wiskunde. De laatste jaren geeft hij alleen nog maar natuurkunde. In het schooljaar waarin het onderzoek plaatsvindt geeft hij daarnaast een uur per week informatica. Docent C heeft zelf programma's ontwikkeld voor het natuurkunde-onderwijs. Docent C gebruikt regelmatig computers tijdens zijn lessen, maar heeft niet eerder gewerkt met Computer Ondersteund Practicum. Docent C was ook betrokken bij de formatieve evaluatie van de courseware.

School II wordt als volgt gekarakteriseerd:

*School II* is een school voor HAVO, atheneum en gymnasium. De drie derde klassen die

Tabel 1  
Betrokkenen bij het onderzoek – een overzicht

	SCHOOL I				SCHOOL II	
	A	B	C	D	E(1)*	E(2)
Schooltype	HAVO/VWO	HAVO/VWO	HAVO/VWO	HAVO	Gymnasium	Atheneum
Klasgrootte	30	30	30	21	22	26

\* Docent E participeert met 2 klassen in het onderzoek

in het onderzoek participeren zijn een HAVO-, een atheneum- en een gymnasiumklas. Het natuurkunde-curriculum in de onderbouw van deze school heeft een concentrische opbouw. Een veelheid aan onderwerpen wordt oppervlakkig behandeld in de tweede klas en iets diepgaander in de derde klas. De natuurkundelessen zijn voornamelijk theoretisch van aard. De docent demonstreert proeven met behulp van de Technisch Onderwijs Assistent. Incidenteel krijgen de leerlingen practicum. Het practicum is vooral bedoeld als een illustratie van de theorie. Kuiper (1993) spreekt in dit verband van vakstructuurgericht natuurkunde-onderwijs. In school II participeren de volgende docenten in het onderzoek:

*Docent D* heeft 15 jaar ervaring en is bevoegd voor natuurkunde. Docent D heeft het voorafgaande schooljaar in de bovenbouw lesgegeven over databases. Soms gebruikt hij de computer voor demonstratieproeven. Hij heeft zelf enkele computerprogramma's geschreven.

*Docent E* heeft 5 jaar ervaring. Hij geeft 4 jaar natuurkunde. Dit jaar voor het eerst op school II. Daarnaast geeft hij les aan een andere school in de regio. Docent E heeft nooit eerder computers gebruikt in zijn onderwijs. Ongeveer een jaar heeft hij thuis een computer. Hij zegt niet met computers te kunnen omgaan.

### 2.3 Faciliteiten

Beide scholen zijn vanuit het onderzoeksproject voorzien van tien computers met interface, meetpaneel en temperatuursensor, twee printers, en de benodigde programmatuur. Als bijdrage aan het project investeerde School I in verrijdbare karren, zodat de computers makkelijk in en uit het natuurkundelokaal konden gereden. Daarnaast maakte School I ook zelf temperatuursensoren.

### 2.4 Dataverzameling en -analyse

*Lesobservaties.* Door onderzoeksassistenten zijn alle lessen ( $N=80$ ) die in het kader van de lessenserie werden gegeven geobserveerd en opgenomen op geluidsband. De lesobservaties richtten zich op het verzamelen van gegevens over het feitelijk lesverloop, de tijd die aan elk afzonderlijk hoofdstuk is besteed, eventuele technische problemen met de apparatuur en programmatuur en het gebruik door de docenten van de aanwijzingen en suggesties uit de docen-

tenhandleiding. Door de lessen op geluidsband op te nemen is het mogelijk om de interventies van de docent met groepjes leerlingen te volgen, tijdens de uitvoering van de onderzoekjes. De uitgeschreven geluidsbanden zijn gebruikt bij de analyse van de gegevens. De lesobservaties zijn geanalyseerd met behulp van het innovatieprofiel. De toekenning van scores is uitgevoerd door twee getrainde onafhankelijke beoordelaars. Met behulp van Cohens Kappa (Cohen & Manion, 1980) is per docent de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid bepaald. Deze varieerde tussen 0,85 en 0,98, en is daarmee zeer bevredigend. Nadat de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid was vastgesteld, overlegden beide beoordelaars daar waar zij verschilden in de toekenning van scores om tot de definitieve score per docent te komen. Als de beoordelaars niet tot overeenstemming kwamen besliste de onderzoeker over het al dan niet toekennen van de score, rekening houdend met de argumentatie van beide beoordelaars. Dit was noodzakelijk voor 10 van de 63 verschillen tussen de beoordelaars.

*Half-gestructureerd interview.* Na afloop van de lessenserie is een interview afgenomen met elke docent. In het interview zijn de volgende onderwerpen besproken: welke doelen worden volgens de docent met de lessenserie nagestreefd, in welke mate komt de lessenserie overeen met de wijze waarop de natuurkundelessen gewoonlijk worden gegeven, hoe wordt de les voorbereid, hoe ervaart de docent de lesuitvoering en welke opbrengst heeft de lessenserie volgens de docent. Daarnaast is in het interview achtergrondinformatie verzameld, zoals aantal jaren ervaring in het onderwijs, ervaring met computers en bevoegdheid.

Met behulp van de dimensies voor de praktische kwaliteit van een innovatie (Doyle & Ponder, 1977-78): 'instrumentality', 'congruence' en 'cost', is het interview met de docenten geanalyseerd. De operationalisering van deze dimensies is ontwikkeld in eerder onderzoek (Voogt, 1990). 'Instrumentality' heeft betrekking op het oordeel van docenten omtrent de duidelijkheid van de programmatuur en het leerling- en docentmateriaal met het oog op lesvoorbereiding en gebruik in de klas. 'Congruence' hangt samen met de mate waarin de lessenserie past in de lespraktijk van de docent en



in het natuurkunde-curriculum in de onderbouw. 'Cost' is de afweging tussen de inspanning die geleverd moet worden om de lessenserie uit te voeren en de opbrengsten, in de vorm van betere realisatie van beoogde doelstellingen en gemotiveerde leerlingen.

## 3 Resultaten

### 3.1 Gebruik van courseware in de les: 'opportunity to learn'

Om vast te stellen of de docenten de leerlingen daadwerkelijk in de gelegenheid stellen de lessenserie te volgen, is nagegaan hoeveel tijd de docenten aan de courseware hebben besteed en of ze de courseware in de aanbevolen volgorde hebben onderwezen. Het blijkt dat de tijd die docenten aan de lessenserie besteed hebben, aanzienlijk meer is dan door de ontwikkelaars van de courseware is gepland. Deze tijdsverschijding komt vooral door de introductie- en theorielessen. De practicumlessen hebben ongeveer de geplande tijd gevergd. Uit de observaties wordt duidelijk dat de lessen inderdaad zijn uitgevoerd in de gewenste volgorde. Bij sommige docenten, met name docenten B en C is de afwisseling tussen practicum- en theorielessen, met name in de tweede helft van de lessenserie, minder dan gewenst. Voor docent B geldt dat met name in het begin enkele lessen uitvielen; hij gaf er de voorkeur aan in elk geval alle practicumlessen door te laten gaan, zodat de leerlingen alle experimenten konden uitvoeren. Docent C vindt het belangrijk de leerlingen in eigen tempo te laten werken, waardoor hij aan het eind van de lessenserie problemen kreeg met de organisatie van zijn theorielessen. De resultaten laten zien dat op een globaal niveau zeker sprake is van implementatie van de lessenserie. In de volgende paragraaf zal echter worden aangetoond dat de mate van implementatie voor de onderscheiden componenten en per hoofdstuk van het lesmateriaal sterk verschilt voor de bij het onderzoek betrokken docenten.

### 3.2 Verschil in gebruik tussen docenten

Zoals reeds vermeld is het praktijkprofiel een maat voor de implementatie van de courseware. Twee docenten (A en D) halen op het praktijkprofiel een score van rond de 50%. De score van de overige drie docenten varieert van ongeveer

23% tot 39%. Bij een drempelscore (het percentage interventies dat moet worden uitgevoerd voor een minimale uitvoering van de courseware) van 16.7% scoren alle docenten dus boven deze minimale uitvoeringsvariant.

Ook is nagegaan wat de score op het praktijkprofiel per onderscheiden component is, te weten *algemene vaardigheden, onderzoeksopzet, onderzoeksuitvoering, ontwikkelen van een begrippenkader en afleiden van natuurkundige regels*. In Figuur 2 worden de resultaten grafisch weergegeven.

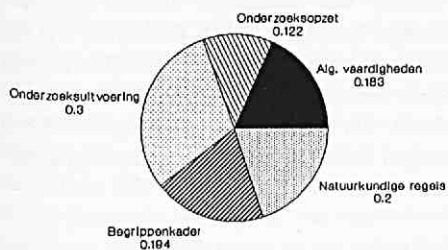
Uit deze gegevens blijkt dat de verdeling van de score van docenten A en D over de verschillende componenten van het curriculum min of meer overeenkomt met de ideale scoreverdeling. Docenten B, C en E echter blijken relatief veel interventies te gebruiken voor algemene vaardigheden (met name docent B). Docenten B en E (met name in klas E2) hebben relatief te weinig interventies gericht op opzet en uitvoering van onderzoek. Docenten C en E gebruiken te weinig interventies voor het afleiden van natuurkundige regels. Bovendien scoren ze op sommige componenten lager dan de drempelscore voor de betreffende component.

De score van docenten A en D is gezien de complexiteit van de innovatie acceptabel te noemen, met name omdat deze graad van implementatie bereikt is door alleen schriftelijk materiaal ter ondersteuning aan te bieden. Docenten A en D vertonen een begeleidings- en planningsgedrag dat ondersteunend is t.a.v. onderzoekend leren. Voor de score van de overige docenten moet worden vastgesteld dat deze laag is, afneemt gedurende de uitvoering van de lessenserie en niet overeenkomt met de ideale verdeling per component. Het begeleidings- en planningsgedrag van deze docenten laat met het oog op onderzoekend leren nog te wensen over.

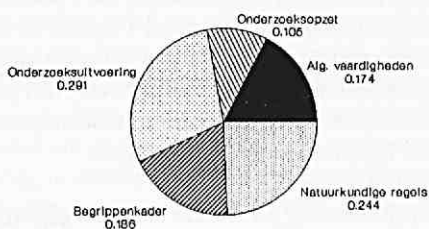
### 3.3 Factoren die de implementatie beïnvloeden

*Technische problemen.* Tijdens de lesobservaties blijkt dat met name school I te kampen heeft met technische problemen tijdens de uitvoering van de courseware, samenhangend met de door hen zelf ontwikkelde temperatuursensoren. Docenten B en C ervaren dat hun lessen hierdoor zeer verstoord worden. Alhoewel docent A met dezelfde problemen geconfronteerd wordt, geeft hij te kennen zich daaraan in het begin weliswaar gestoord te hebben, maar gedurende

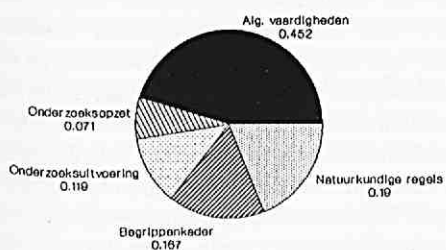
### mate van implementatie componenten - ideaal



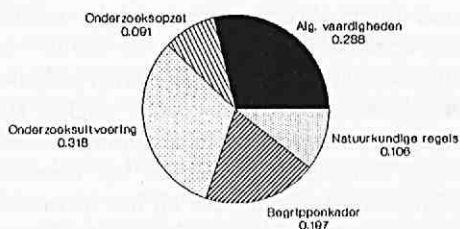
### mate van implementatie componenten - docent A



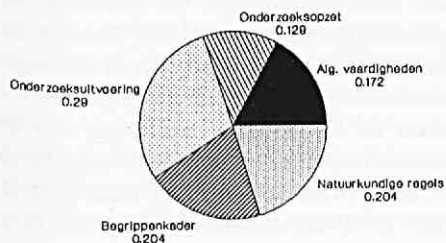
### mate van implementatie componenten - docent B



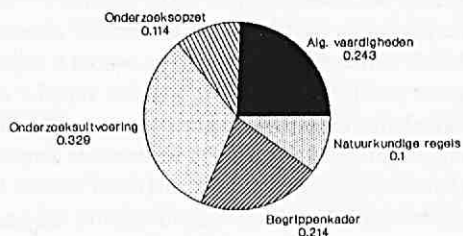
### mate van implementatie componenten - docent C



### mate van implementatie componenten - docent D



### mate van implementatie componenten - docent E(1)



### mate van implementatie componenten - docent E(2)



Figuur 2. Mate van implementatie per component

het verdere verloop van de lessenserie de problemen te hebben geaccepteerd. Gezien de technische problemen is de wisseling van Technisch Onderwijs Assistent in school I tijdens de uitvoering van de lessenserie een extra handicap. Op school II heeft men slechts af en toe met problemen van technische aard te maken gehad. Deze bleken makkelijk te verhelpen.

*Perceptie van de docent.* De interviewgegevens leveren informatie over de perceptie van de docenten omtrent de praktische bruikbaarheid van de courseware op de dimensies 'instrumentality', 'congruence' en 'cost' (Doyle en Ponder, 1977-78).

'Instrumentality' heeft betrekking op de mate waarin de courseware duidelijk is met het oog op lesvoorbereiding en -uitvoering. Het blijkt dat vier van de vijf docenten het programmapakket eenvoudig in gebruik vinden. Het begeleidend materiaal voor de leerlingen is duidelijk. Drie (B,C, E) van de vijf docenten gebruiken het leerlingboek bij hun lesvoorbereiding en niet de docentenhandleiding. Slechts twee docenten (A en D) gebruiken ook de docentenhandleiding bij hun lesvoorbereiding. Deze docenten vinden de aanwijzingen in de docentenhandleiding praktisch en bruikbaar.

'Congruence' houdt verband met de mate waarin de courseware past bij de lespraktijk van de docent en past bij het gebruikelijke natuurkunde curriculum. Docent E van school II blijkt grote problemen te hebben met het verschil in benadering en aanpak van de courseware (participatiegericht) en zijn eigen vertrouwde aanpak (vakstructuurgericht). Docent D van school II daarentegen vindt de begeleidende rol die van hem verwacht wordt plezierig. Docenten B en C van school I geven aan problemen te hebben met de organisatie van hun lessen. Beide docenten refereren aan hun eigen practicumlessen en vinden dat tijdens practica leerlingen zelfstandig moeten werken, wat voor hen inhoudt dat de docent weinig aan gerichte begeleiding doet.

'Cost' houdt verband met de beoordeling van de opbrengsten ten opzichte van inspanningen die de docent moet leveren om de courseware uit te voeren. Alle docenten zijn het erover eens dat de courseware motiverend is voor leerlingen. Ze verschillen van mening wat betreft de andere baten. Vier van de vijf (behalve A) vinden dat leerlingen zelfstandig leren werken, ze

betwijfelen echter of leerlingen na de lessenserie een systematische benadering van opzet en uitvoering van onderzoek kunnen hanteren. Sommige docenten (D en E) wijzen op het belang van een andere manier van kijken naar en omgaan met grafieken. Docenten A en C benadrukken het inzicht dat leerlingen hebben gekregen in de rol van de computer bij natuurkunde.

## 4 Discussie

In dit onderzoek is nagegaan welke kenmerken van courseware bijdragen aan de implementatie van een natuurkunde-curriculum waarin het leren van onderzoeksvaardigheden centraal staat. Met name de praktische kwaliteit van de courseware is onderzocht. Er is vastgesteld dat docenten die met een dergelijke dubbele innovatie te maken krijgen, niet alleen voor de opgave staan om een nieuw medium in hun onderwijs in te passen, maar dat van hen plannings- en begeleidingsgedrag wordt verwacht dat de invoering van de courseware ondersteunt.

De resultaten van het onderzoek laten zien dat op een globaal niveau de courseware is geïmplementeerd: docenten voeren de lessenserie in de gewenste volgorde uit. Kijken we echter nauwkeuriger naar het plannings- en begeleidingsgedrag van docenten dan zien we dat voor drie van de vijf docenten dit te wensen overlaat. Alhoewel het oordeel van de docenten omtrent de verschillende onderdelen van de courseware betrekkelijk positief is, blijkt dat de docenten aanzienlijk verschillen in het gebruik van de docentenhandleiding. Met name deze handleiding is, door concrete handelingsaanwijzingen te geven, bedoeld als ondersteuning voor de begeleidende en stimulerende rol die van docenten wordt verwacht. De resultaten van dit onderzoek suggereren dat docenten blijkbaar niet gewend zijn om een docentenhandleiding te gebruiken bij hun lesvoorbereiding (zie ook Van der Geest, 1991).

Van de drie docenten die de handleiding niet (nauwelijks) gebruiken, blijkt dat docent E van school II grote problemen heeft met het verschil in benadering en aanpak van de courseware (participatiegericht) en zijn eigen vertrouwde aanpak (vakstructuurgericht). Die problemen blijken onoverbrugbaar. Daarnaast heeft deze

docent ook grote moeite met de bediening van het programma, alhoewel hij zegt daar tijdens de concrete lesuitvoering geen last van te hebben ('de leerlingen wisten zelf wel hoe het programma bediend moest worden'). Docenten B en C van school I ervaren de technische problemen waarmee ze te kampen hebben als een grote belemmering voor hun lesuitvoering. Van groter belang lijkt echter de schijnbare overeenkomst tussen de benadering van natuurkunde-onderwijs in de courseware en het gebruikelijk natuurkunde-curriculum in school I. In beide curricula staan practicumlessen centraal. Deze ogenschijnlijke gelijkenis lijkt verhullend te zijn voor de herkenning van essentiële verschillen, zoals de noodzakelijkheid van gerichte begeleiding van de leerlingen door de docent bij de courseware lessen. Beide docenten vinden dat tijdens practica leerlingen zelfstandig moeten werken, wat voor hen inhoudt dat de docent weinig aan gerichte begeleiding doet. Eén van de docenten drukt dat uit door te zeggen 'tijdens het practicum moet ik bij wijze van spreken zo weg kunnen lopen'. De twee docenten die de docentenhandleiding gebruikt hebben, hebben tijdens hun les-uitvoering ook met technische problemen te kampen gehad (docent A) of te maken gehad met een zwakke overeenkomst van de courseware met de gebruikelijke lespraktijk (docent D). Desalniettemin slagen zij er tot zekere hoogte in die problemen te overbruggen. Dit hangt waarschijnlijk samen met het feit dat zij de docentenhandleiding waardevol achten om: (1) de lesvoortgang te kunnen bewaken, dan wel (2) de didactische aanwijzingen in de handleiding.

Docenten die de afstand tussen de vernieuwing met hun vertrouwde lespraktijk als erg groot ervaren, of docenten die de verschillen tussen de vernieuwing en hun praktijk niet herkennen, zijn niet geneigd van hun vertrouwde strategie van lesvoorbereiding af te wijken. Docenten die wel gebruik maken van een handleiding zien voor zichzelf voordelen bij het gebruik van de handleiding. Zij zijn bereid af te wijken van de hun vertrouwde aanpak bij de voorbereiding van lessen.

Dit onderzoek laat zien dat voor de integratie van courseware in onderzoekend natuurkunde-onderwijs naast zorgvuldig ontworpen curricula (Nakhleh, 1994, Linn & Songer, 1991) ook expliciet aandacht nodig is voor begeleiding

van docenten in hun nieuwe rol. Het lijkt wenselijk om naast concrete handelingsaanwijzingen (procedurele specificaties) in een docenten-handleiding, een op implementatie gerichte vorm van nascholing aan te bieden. Steeds vaker wordt duidelijk dat traditionele vormen van nascholing onvoldoende mogelijkheden bieden om docenten te ondersteunen bij verandering in didactisch gedrag en verandering van opvattingen (Van den Berg, 1996). Meer dan traditionele vormen van nascholing lijken docentnetwerken, met daarbij de mogelijkheid tot directe communicatie via e-mail, mogelijkheden te bieden voor docenten tot reflectie op onderwijsopvattingen en didactisch handelen (DiMauro & Gal, 1994; Bos, Krajcik & Patrick, 1995).

De resultaten van dit onderzoek ondersteunen de opvatting dat in welke vorm van nascholing dan ook de aandacht niet primair op de technologie dient te worden gericht (zie ook Kerr, 1991; Owen, 1992). Procedureel gespecificeerd materiaal kan een rol spelen als demonstratie- en oefenmateriaal (Roes, 1994), maar ook dienen als een gezamenlijke activiteit van een docentnetwerk, waarbinnen collega-docenten elkaar feedback geven en coachen. Het ontwikkelde innovatieprofiel kan worden gebruikt om de reflectie op de opvattingen van docenten over hun onderwijs en de vernieuwing waar het om gaat, te expliciteren.

## Noot

- 1 Er is gebruik gemaakt van het programma IP-COACH, ontwikkeld door CMA, Nieuwe Achtergracht 170, 1018 WV Amsterdam.

## Literatuur

- Akker, J.J.H. van den (1988). The teacher as learner in curriculum implementation. *Journal of Curriculum Studies*, 20, 47-55.
- Akker, J.J.H. van den, & Voogt, J.M. (1994). The use of innovation and practice profiles in the evaluation of curriculum implementation. *Studies of Educational Evaluation*, 20 (4), 503-512.
- Berg, E. van den (1996). *Effects of inservice education on implementation of elementary science*. Academisch proefschrift. Enschede: Universiteit Twente.



- Bos, N.D., Krajcik, J.S., & Patrick, H. (1995). Telecommunications for teachers: supporting reflection and collaboration among teaching professionals. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 14 (1/2), 187 - 202.
- Cohen, L., & Manion, L. (1980). *Research methods in education*. London: Croom Helm.
- DiMauro, V., & Gal, S. (1994). The use of telecommunications for reflective discourse of science teacher leaders. *The Journal of Science and Technology*, 3 (2), 123-135.
- Doyle, W., & Ponder, G.A. (1977-1978). The practicality ethic in teacher decision making. *Interchange*, 8 (3), 1-12.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J. Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23, 5-12.
- Gagné, R.M. (1966). Elementary science: A new scheme of instruction. *Science*, 155, 49-53.
- Geest, T.M. van der (1991). *Tools for teaching writing as a process. Design, development, implementation and evaluation of computer-assisted writing instruction*. Academisch proefschrift. Enschede: Universiteit Twente, Faculteit Wijsbegeerte en Maatschappij-wetenschappen.
- Grift, W. van der (1987). *De rol van de schoolleider bij onderwijsvernieuwingen*. Den Haag: VUGA.
- Kerr, S.T. (1991). Lever and Fulcrum: Educational technology in Teachers' thought and practice. *Teacher College Record*, 93 (1), 114 - 136.
- Kuiper, W.A.J.M. (1993). *Curriculumvernieuwing en lespraktijk*. Academisch proefschrift. Enschede: Universiteit Twente.
- Linn, M.C. (1987). Establishing a research base for science education: Challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 191-216.
- Linn, M.C., & Burbulus, N.C. (1993). Construction of knowledge and group learning. In K.Tobin (Red), *The practice of constructivism in science education* (pp. 91-121). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Linn, M.C., & Songer, N.B. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriated cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 885-918.
- Millar, R. (1987). Towards a role for experiment in the science teaching laboratory. *Studies in Science Education*, 14, 109-118.
- Nakhleh, M.B. (1994). A review of Microcomputer-Based Labs: How have they affected science learning? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 13 (4), 368-381.
- Owen, M.(1992). A teacher-centred model of development in educational use of computers. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 1 (1), 127 - 137.
- Roberts, N. (1988). Computers and science instruction. In N. Roberts, N.C. Carter, S.N. Friel & M.S. Millen (Eds.), *Integrating computers into the elementary and middle school* (pp. 123-151). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Roes, M. (1994). *Het ontwerpen van nascholing aan de hand van curriculummaterialen*. Paper gepresenteerd op de Onderwijs Research Dagen, Utrecht.
- Shafto, S., & Capper, J. (1987). Microcomputer-based Laboratories. *Teaching, Learning and Technology*, 1 (2), 4-9.
- Striley, J. (1987). The computer as lab partner: Classroom experience gleaned from one year microcomputer-based laboratory use. *Journal of Educational Technology Systems*, 5 (3), 225-236.
- Thornton, R.K., & Sokoloff, D.R. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, 58 (9), 858-867.
- Voogt, J. (1990). Courseware evaluation by teachers - an implementation perspective. *Computers in Education*, 14 (4), 299-307.
- Voogt, J.M. (1993). *Courseware for an inquiry-based science curriculum. An implementation perspective*. Doctoral dissertation. Enschede: Universiteit Twente.
- Voogt, J.M. (1996). New information technology in science education. In Tj. Plomp & D.P. Ely (Eds.), *International Encyclopedia of Educational Technology* (pp. 551-555). Oxford: Pergamon Press.
- Yin, R.K. (1989). *Case study research. Design and methods*. Beverly Hills, CA: Sage.

Manuscript aanvaard 23-1-1997

## Auteur

**J.M. Voogt.** Universitair Docent, Vakgroep Curriculumtechnologie, Faculteit Toegepaste Onderwijskunde.

Adres: Universiteit Twente, Postbus 217, 7500 AE Enschede.

## Abstract

### **Courseware for an inquiry-based science curriculum: an implementation perspective**

**J.M. Voogt.** *Pedagogische Studiën*, 1997, 74, 130-141.

The integration of courseware in the science curriculum can be considered as a complex educational innovation, especially for teachers. Courseware using a Microcomputer-based Laboratory environment was designed. To promote to the implementation of the courseware special attention was paid to a teacher guide with concrete suggestions.

A case-study in two schools (five teachers/six classes) aimed at assessing whether the implementation of the courseware was successful. The results of the study indicated that the teachers differed profoundly to the extent in which they implemented the courseware. All teachers used the student textbook in planning and executing their lessons. Only two teachers used the teacher guide. These teachers benefited from the guide which resulted in implementation of the courseware more closely to the 'ideal' profile of implementation as intended by the designers. Reasons for the way the courseware was implemented are inferred and discussed.